

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-349377

(P2000-349377A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 3/109

3/094

識別記号

F I

H 0 1 S 3/109

3/094

テ-マコ-ト* (参考)

5 F 0 7 2

S

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平11-161318

(22) 出願日

平成11年6月8日 (1999. 6. 8)

(71) 出願人

000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者

小林 裕

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内

(72) 発明者

吉岡 善文

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内

(74) 代理人

100097892

弁理士 西岡 義明

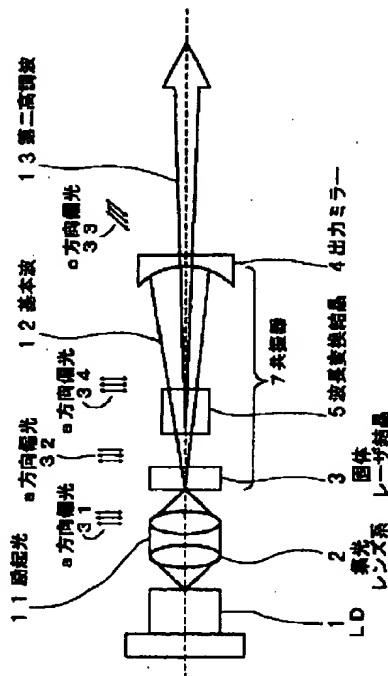
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LD励起固体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 波長変換結晶を用いた半導体レーザ励起による固体レーザ装置において、効率良く第二高調波を発生できるようにする。

【解決手段】 半導体レーザLD1の偏光方向31と波長変換結晶5の基本波の偏光方向34を一致させて配置する。これにより、半導体レーザLD1から集光レンズ系2を介して、a方向偏光31の励起光11が固体レーザ結晶3に集光され、励起された固体レーザ結晶3から同じa方向偏光32の基本波12が、第1種位相整合に切出された波長変換結晶5を誘起して、効率良くc方向偏光33の第二高調波13を発生する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザ素子と、その半導体レーザからの励起光により励起される固体レーザ結晶と、出力側に設けられた出力ミラーと、前記固体レーザ結晶端面と前記出力ミラー面とで形成される共振器内に設けられた波長変換結晶とからなるLD励起固体レーザ装置において、前記半導体レーザの偏光方向と第一種位相整合となるように切出された前記波長変換結晶の基本波の偏光方向とが一致するように配置した構造を備えることを特徴とするLD励起固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、LD励起固体レーザ装置に係わり、特に、励起用の半導体レーザと波長変換結晶の基本波の偏光方向に関する。

【0002】

【従来の技術】固体レーザの高効率化を実現する手法として励起光源に半導体レーザ(LD)を用いる方法が一般的である。LDを用いることによって、固体レーザ結晶の吸収ピークを効率的に励起することが可能であり、さらにLD自体の電流-光出力効率が高いため、余分なエネルギーを必要としないなどの利点がある。青色レーザを実現するために、半導体レーザ(LD)と、固体レーザ結晶としてNd:YAG、波長変換結晶としてKNを使ったLD励起固体レーザ装置が知られている。図6に従来のLD励起固体レーザ装置を示す。この装置では、LD41から出力された励起光(809nm)51が、集光レンズ系42を通過し、固体レーザ結晶(Nd:YAG)43に集光される。固体レーザ結晶43により出力された基本波(946nm)52は、固体レーザ結晶43のLD側端面と出力ミラー44の凹面に、基本波(946nm)52に対して高反射コーティングが施されて構成された共振器R内に閉じこめられレーザ発振に至る。この共振器R内に波長変換結晶(KN)45を挿入することにより、基本波(946nm)52が、波長変換結晶(KN)45から第二高調波(473nm)53を誘発する。出力ミラー44は、基本波(946nm)52を反射し、第二高調波(473nm)53を透過するようにコーティングが施されており、波長変換結晶(KN)45からの第二高調波(473nm)53は、出力ミラー44を透過し外部に出力される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来のLD励起固体レーザ装置は以上のように構成されているが、半導体レーザ(LD41)光の偏光方向がa方向偏光31とすると、固体レーザ結晶(Nd:YAG)43は等方性結晶であり、偏光特性は持たないので、固体レーザ結晶43からの基本波52は、LD41の偏光方向の影響を受けて、a方向を長軸としたa方向偏光32の楕円偏光となるが、波長変換結晶45では一般に常光線方向36と異

常光線方向35の基本波が整合されて常光線方向36の第二高調波を発生する。そのため楕円偏光の基本波52の偏光方向が、波長変換結晶45の異常光線方向35とある傾きで入射すると変換効率が変化する。従来の装置は波長変換結晶45の基本波の偏光方向が特に考慮されずに配置されているため、LD励起固体レーザ装置の効率の良い発振特性が得られていないという問題がある。

【0004】本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、励起効率及び変換効率の良い第二高調波を放出するLD励起固体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のLD励起固体レーザ装置は、半導体レーザ素子と、その半導体レーザからの励起光により励起される固体レーザ結晶と、出力側に設けられた出力ミラーと、前記固体レーザ結晶端面と前記出力ミラー面とで形成される共振器内に設けられた波長変換結晶とからなるLD励起固体レーザ装置において、前記半導体レーザの偏光方向と第一種位相整合となるように切出された前記波長変換結晶の基本波の偏光方向とが一致するように配置した構造を備えるものである。

【0006】本発明のLD励起固体レーザ装置は上記のように構成されており、半導体レーザの偏光方向と第1種位相整合となるように切出された波長変換結晶の基本波の偏光方向を一致させるように配置することにより、装置の励起効率および変換効率の改善されたLD励起固体レーザ装置を得ることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明のLD励起固体レーザ装置の一実施例を図1を参照しながら説明する。図1は本発明の一実施例における半導体レーザ励起固体レーザ装置の構成図である。図1において、1は固体レーザ結晶3を励起するための半導体レーザLD、2は励起光11を固体レーザ結晶3の端面に集光する集光レンズ系、3はNd:YAGからなる固体レーザ結晶、4は出力側に設けられ基本波を反射し第二高調波を透過する出力ミラー、5は946nmを基本波(異常光線)とし、473nmを第二高調波(常光線)とする第一種位相整合可能な角度に切出された波長変換結晶(KN)である。波長変換結晶5は固体レーザ結晶3の端面と出力ミラー4の凹面とで形成された共振器7内にセットされ、その波長変換結晶5の異常光線(基本波)の偏光方向が半導体レーザLD1の偏光方向と一致するように設けられている。

【0008】基本的な構成は、従来と同様であり、LD1から出力された励起光(809nm)11が、集光レンズ系2を通過し、固体レーザ結晶(Nd:YAG)3に集光される。固体レーザ結晶3により出力された基本波(946nm)12は、固体レーザ結晶3のLD側端

面と出力ミラー4で構成された共振器7内に閉じこめられ、レーザ発振に至る。この共振器7内に波長変換結晶(KN)5を挿入することにより、第二高調波(473nm)13に変換され、出力ミラー4を透過して、出力に至る。ここで波長変換結晶(KN)5は946nmを基本波(異常光線)とし、473nmを第二高調波(常光線)とする第一種位相整合可能な角度に切り出されている。

【0009】図2は結晶配置と偏光方向を説明した図である。レーザ光はb方向に伝搬するものとする。固体レーザ結晶(Nd:YAG)21は、等方性結晶であり、偏光特性は持たない。また、固体レーザ結晶(Nd:YAG)21の端面には、1064nm透過、946nm反射、808nm透過となるようなコーティング23が施されている。波長変換結晶(KN)22は第一種位相整合の場合、常光線は第二高調波(473nm)、異常光線は基本波(946nm)に相当する。LD(809nm)1の偏光方向を31のようにa方向にとった場合、固体レーザ結晶(Nd:YAG)21により発振した基本波(946nm)12の偏光方向は、LD1の偏光方向の影響を受けて32のようにa方向を長軸とした楕円偏光となる。この状態で、共振器7内に波長変換結晶(KN)22を異常光線の偏光方向がa方向と一致するように挿入する(これをケース1とする)。この様な配置にすると、基本波(946nm)の偏光方向は、波長変換結晶(KN)22の異常光線の偏光方向と一致しているため、偏光方向は保存され34のa方向の直線偏光となる。そのため固体レーザ結晶3による基本波発振が効率的に行われる。また出力される第二高調波(473nm)の偏光方向は、33のようにc方向に偏光する。

【0010】図3(表1)及び、図4(表2)は、実施例による固体レーザ出力測定例である。出力(b方向)の測定は、図2に示した(a方向偏光)及び(c方向偏光)については、偏光板24を挿入した状態で、(a方向偏光+c方向偏光)については偏光板24を取り除いた状態で測定した。また、波長変換結晶(KN)22挿入前の基本波、波長変換結晶(KN)22挿入後の基本波、波長変換結晶(KN)22挿入後の第二高調波について測定を行っている。図3(表1)のケース1は、本実施例による場合である。図4(表2)のケース2は、共振器7内に波長変換結晶(KN)22を第二高調波(473nm)の偏光方向が33と垂直の方向になるよう挿入した場合である。図5は第二高調波の波長変換結晶(KN)22による角度依存性を示したものである。この結果から明かなように、本実施例では第二高調波(473nm)出力が効率よく出力される。従ってこの構成によって高効率な波長変換が行われる半導体レーザ励起固体レーザ装置が実現できる。

【0011】

【発明の効果】本発明のLD励起固体レーザ装置は上記のように構成されており、第一種位相整合となるように切出された波長変換結晶が、固体レーザ結晶(レーザ媒質)の端面と出力ミラーとで形成される共振器内に設けられ、半導体レーザの偏光方向と波長変換結晶の基本波の偏光方向が一致するように配置されているので、半導体レーザ励起光が固体レーザ結晶を励起し、基本波に依る同じ偏光方向で波長変換結晶を誘起するので第二高調波が効率良く発生し、装置の励起効率および変換効率の改善されたLD励起固体レーザ装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のLD励起固体レーザ装置の一実施例を示す図である。

【図2】 本発明のLD励起固体レーザ装置の結晶配置と偏光方向を示す図である。

【図3】 本発明のLD励起固体レーザ装置の出力測定結果を示す表である。

【図4】 本発明のLD励起固体レーザ装置の他の出力測定結果を示す表である。

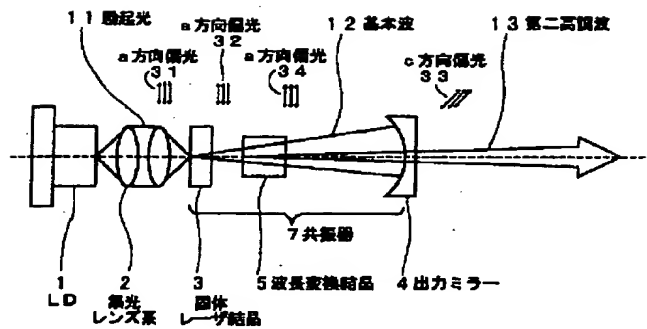
【図5】 本発明のLD励起固体レーザ装置の第二高調波の波長変換結晶の角度依存性を示すグラフである。

【図6】 従来のLD励起固体レーザ装置を示す図である。

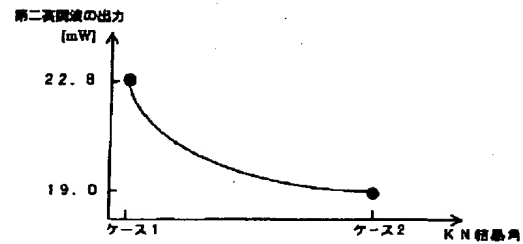
【符号の説明】

1...LD	2...集光レンズ系
3...固体レーザ結晶	4...出力ミラー
5...波長変換結晶	7...共振器
11...励起光	12...基本波
13...第二高調波	21...固体レーザ結晶
22...波長変換結晶	23...コーティング
24...偏光板	31...a方向偏光
32...a方向偏光	33...c方向偏光
34...a方向偏光方向	35...異常光線
36...常光線方向	41...LD
42...集光レンズ系	43...固体レーザ結晶
44...出力ミラー	45...波長変換結晶
51...励起光	52...基本波
53...第二高調波	R...共振器

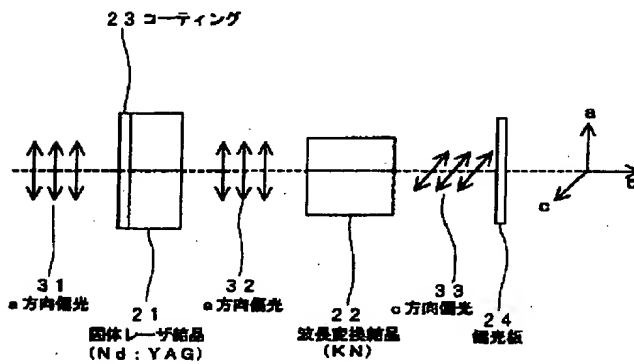
【図1】



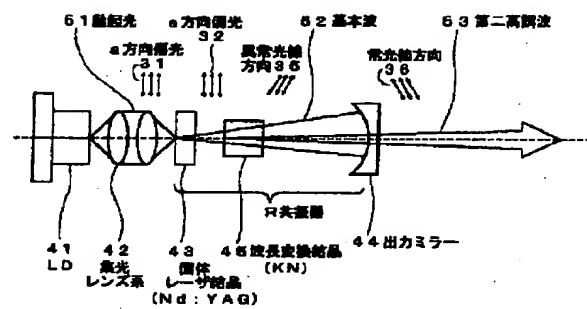
【図5】



【図2】



【図6】



【図3】

表1

	基本波 (KN 挿入前)	基本波 (KN 挿入後)	第二高調波 (478nm)
出力 (a 方向+c 方向)	2.76 mW	1.52 mW	22.8 mW
出力 (c 方向)	0.76 mW	0.02 mW	20.9 mW
出力 (a 方向)	1.55 mW	1.28 mW	0.09 mW

ケース1の出力測定結果

【図4】

表2

	基本波 (KN 挿入前)	基本波 (KN 挿入後)	第二高調波 (478nm)
出力 (a 方向+c 方向)	2.76 mW	1.33 mW	19.0 mW
出力 (c 方向)	0.76 mW	1.10 mW	0.12 mW
出力 (a 方向)	1.55 mW	0.01 mW	17.0 mW

ケース2の出力測定結果

フロントページの続き

(72)発明者 東條 公資
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内
(72)発明者 入口 知史
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内

(72)発明者 渡辺 一馬
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内
(72)発明者 稲垣 勝人
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所内
Fターム(参考) 5F072 AB02 AB20 JJ02 KK01 KK12
PP07 QQ02

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/343, H01L33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S5/343, H01L33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
✓ P, X	JP 2000-349337 A (日亜化学工業株式会社) 15. 12月. 2000 (15. 12. 00)	1, 3, 5-7, 12- 14, 16-18, 21
P, A	全文, 第1図 & WO 00/76004 A1	2, 8-11, 15, 19, 20, 22, 23
X	JP 11-340559 A (株式会社日立製作所) 10. 12月. 1999 (10. 12. 99)	1, 5, 7, 9, 12- 14, 18-19
A	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	2-4, 6, 8, 10, 11, 15-17, 20- 23

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 09. 01

国際調査報告の発送日

09.10.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

杉山 輝和

2K 9608

電話番号 03-3581-1101 内線 3253



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
✓ P, Y	J P 2001-44570 A (日亜化学工業株式会社) 16. 2月. 2001 (16. 02. 01) 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	18-20
Y	J P 2000-91630 A (豊田合成株式会社) 31. 3月. 2000 (31. 03. 00) 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	16, 17, 21
A		15
Y	J P 11-298090 A (日亜化学工業株式会社) 29. 10月. 1999 (29. 10. 99) 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	13
A		1
Y	J P 10-12922 A (豊田合成株式会社) 16. 1月. 1998 (16. 01. 98) 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	21, 22
✓ A	J P 2000-208875 A (富士通株式会社) 28. 7月. 2000 (28. 07. 00) 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	10-12, 23

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-349377

(43)Date of publication of application : 15.12.2000

(51)Int.Cl.

H01S 3/109
H01S 3/094

(21)Application number : 11-161318

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 08.06.1999

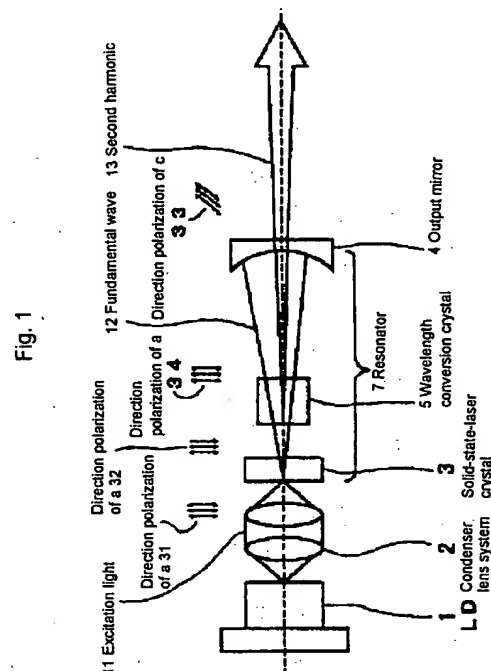
(72)Inventor : KOBAYASHI YUTAKA
YOSHIOKA YOSHIFUMI
TOJO KIMITADA
IRIGUCHI TOMOSHI
WATANABE KAZUMA
INAGAKI KATSUTO

(54) LD STIMULATED SOLID-STATE LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently generate second higher harmonic waves, using semiconductor laser stimulation with a wavelength converting crystal.

SOLUTION: A semiconductor laser LD1 and a wavelength conversion crystal 5 are arranged, with a direction 31 of polarization of LD1 and a direction 34 of polarization of the fundamental waves of the crystal 5 in matching. Hereby, the exciting light 11 of polarization 31 in direction a is condensed in a solid-state crystal 3 through a condensing lens 2 from the semiconductor laser LD1, the fundamental waves 12 of polarization 32 in the same direction a induce a wavelength conversion crystal 5 cut out for the first-class phase matching from the excited solid-state laser crystal 3, and thus this device efficiently generates second higher harmonic waves of a polarization 33 in the direction c.



[Claim(s)]

[Claim 1] LD excitation solid-state-laser equipment characterized by having the structure arranged so that the polarization direction of the fundamental wave of the aforementioned wavelength conversion crystal started in LD excitation solid-state-laser equipment so that it might become the polarization direction of the aforementioned semiconductor laser and first kind phase matching characterized by providing the following may be in agreement. Semiconductor laser element. The solid-state-laser crystal excited by the excitation light from the semiconductor laser. The output mirror prepared in the output side. The wavelength conversion crystal prepared in the aforementioned solid-state-laser crystal end face and the resonator formed in respect of aforementioned an output mirror.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs]

This invention is especially related in the polarization direction of the semiconductor laser for excitation, and the fundamental wave of a wavelength conversion crystal with respect to LD excitation solid-state-laser equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art]

The method of using semiconductor laser (LD) for the excitation light source as the technique of realizing efficient-ization of solid state laser is common. By using LD, it is possible to excite the absorption peak of a solid-state-laser crystal efficiently, and since the current-optical output efficiency of the LD itself is still higher, there is an advantage of not needing excessive energy. In order to realize blue laser, LD excitation solid-state-laser equipment using KN is known as Nd:YAG and a wavelength conversion crystal as a solid-state-laser crystal with semiconductor laser (LD). Conventional LD excitation solid-state-laser equipment is shown in Fig. 6. With this equipment, the excitation light (809nm) 51 outputted from LD41 passes the condenser lens system 42, and is condensed by the solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 43. To a fundamental wave (946nm) 52, the fundamental wave (946nm) 52 outputted by the solid-state-laser crystal 43 is shut up by LD side edge side of the solid-state-laser crystal 43, and the concave surface of the output mirror 44 in the resonator R with which high reflective coating was given and constituted, and results in them at laser oscillation. By inserting the wavelength conversion crystal (KN) 45 into this

resonator R, a fundamental wave (946nm) 52 induces a second harmonic (473nm) 53 from the wavelength conversion crystal (KN) 45. The output mirror 44 reflects a fundamental wave (946nm) 52, coating is given so that a second harmonic (473nm) 53 may be penetrated, and the second harmonic (473nm) 53 from the wavelength conversion crystal (KN) 45 penetrates the output mirror 44, and is outputted outside.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

Although conventional LD excitation solid-state-laser equipment is constituted as mentioned above If the polarization direction of semiconductor laser (LD41) light considers as the direction polarization 31 of a, since the solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 43 is an isotropic crystal and it does not have a polarization property Although the fundamental wave 52 from the solid-state-laser crystal 43 serves as elliptically polarized light of the direction polarization 32 of a which made the direction of a the major axis in response to the influence of the polarization direction of LD41, as the wavelength conversion crystal 45, generally the fundamental wave of the direction 36 of an ordinary ray and the direction 35 of an extraordinary ray is adjusted, and it generates the second harmonic of the direction 36 of an ordinary ray. Therefore, if the polarization direction of the fundamental wave 52 of elliptically polarized light carries out incidence with the direction 35 of an extraordinary ray and a certain inclination of the wavelength conversion crystal 45, a conversion efficiency will change. Since especially conventional equipment is arranged without taking into consideration the polarization direction of the fundamental wave of the wavelength conversion crystal 45, it has the problem that the efficient oscillation property of LD excitation solid-state-laser equipment is not acquired.

[0004]

This invention is made in view of such a situation, and aims at offering LD excitation solid-state-laser equipment which emits the good second harmonic of an excitation efficiency and a conversion efficiency.

[0005]

[Means for Solving the Problem]

In order to attain the above-mentioned purpose, LD excitation solid-state-laser equipment of this invention A semiconductor laser element and the solid-state-laser crystal excited by the excitation light from the semiconductor laser, In LD excitation solid-state-

laser equipment which consists of an output mirror prepared in the output side, and the aforementioned solid-state-laser crystal end face and the wavelength conversion crystal prepared in the resonator formed in respect of [aforementioned] an output mirror. It has the structure arranged so that the polarization direction of the fundamental wave of the aforementioned wavelength conversion crystal started so that it might become the polarization direction of the aforementioned semiconductor laser and first kind phase matching may be in agreement.

[0006]

LD excitation solid-state-laser equipment of this invention is constituted as mentioned above, and can obtain LD excitation solid-state-laser equipment with which the excitation efficiency of equipment and the conversion efficiency have been improved by arranging so that the polarization direction of the fundamental wave of the wavelength conversion crystal started so that it might become the polarization direction of semiconductor laser and the 1st sort phase matching may be made in agreement.

[0007]

[Embodiments of the Invention]

One example of LD excitation solid-state-laser equipment of this invention is explained referring to Fig. 1. Fig. 1 is the block diagram of the semiconductor laser excitation solid-state-laser equipment in one example of this invention. Semiconductor laser LD for 1 exciting the solid-state-laser crystal 3 in Fig. 1, the condenser lens system to which 2 condenses the excitation light 11 to the end face of the solid-state-laser crystal 3, The solid-state-laser crystal which 3 becomes from Nd:YAG, the output mirror which 4 is prepared in an output side, reflects a fundamental wave, and penetrates a second harmonic, 5 is the wavelength conversion crystal (KN) started by the angle which makes 946nm a fundamental wave (extraordinary ray), and makes 473nm a second harmonic (ordinary ray), and in which first kind phase matching is possible. The wavelength conversion crystal 5 is set in the resonator 7 formed on the end face of the solid-state-laser crystal 3, and the concave surface of the output mirror 4, and it is prepared so that the polarization direction of the extraordinary ray (fundamental wave) of the wavelength conversion crystal 5 may be in agreement with the polarization direction of semiconductor laser LD1.

[0008]

Fundamental composition is the same as usual, and the excitation light (809nm) 11

outputted from LD1 passes the condenser lens system 2, and is condensed by the solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 3. The fundamental wave (946nm) 12 outputted by the solid-state-laser crystal 3 is shut up in the resonator 7 which consisted of LD side edge sides and the output mirrors 4 of the solid-state-laser crystal 3, and results in laser oscillation. By inserting the wavelength conversion crystal (KN) 5 into this resonator 7, it is changed into a second harmonic (473nm) 13, the output mirror 4 is penetrated, and it results in an output. The wavelength conversion crystal (KN) 5 is started by the angle which makes 946nm a fundamental wave (extraordinary ray), and makes 473nm a second harmonic (ordinary ray) and in which first kind phase matching is possible here.

[0009]

Fig. 2 is drawing explaining crystal arrangement and the polarization direction. A laser beam shall be spread in the direction of b. The solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 21 is an isotropic crystal, and does not have a polarization property. Moreover, coating 23 which serves as 1064nm transparency, 946nm reflection, and 808nm transparency is given to the end face of the solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 21. In the case of first kind phase matching, an ordinary ray is equivalent to a second harmonic (473nm), and an extraordinary ray is equivalent to a fundamental wave (946nm) for the wavelength conversion crystal (KN) 22. When the polarization direction of LD (809nm)1 is taken in the direction of a like 31, the polarization direction of the fundamental wave (946nm) 12 oscillated by the solid-state-laser crystal (Nd:YAG) 21 serves as elliptically polarized light which made the direction of a the major axis like 32 in response to the influence of the polarization direction of LD1. In this state, into a resonator 7, the wavelength conversion crystal (KN) 22 is inserted so that the polarization direction of an extraordinary ray may be in agreement with the direction of a (this is made into a case 1). If it is made such arrangement, since the polarization direction of a fundamental wave (946nm) is in agreement with the polarization direction of the extraordinary ray of the wavelength conversion crystal (KN) 22, the polarization direction is saved and serves as the linearly polarized light of the direction of a of 34. Therefore, the fundamental-wave oscillation by the solid-state-laser crystal 3 is performed efficiently. Moreover, the polarization direction of the second harmonic (473nm) outputted polarizes in the direction of c like 33.

[0010]

Fig. 3 (Table 1) and Fig. 4 (Table 2) are the examples of solid-state-laser output

measurement by the example. measurement of an output (the direction of b) was shown in Fig. 2 -- and (the direction polarization of a) (the direction polarization of c) -- ***** -- it is in the state which inserted the polarizing plate 24, and about (the direction polarization of direction polarization [of a] +c), where a polarizing plate 24 is removed, it measured Moreover, it is measuring about the fundamental wave before wavelength conversion crystal (KN)22 insertion, the fundamental wave after wavelength conversion crystal (KN)22 insertion, and the second harmonic after wavelength conversion crystal (KN)22 insertion. The case 1 of Fig. 3 (Table 1) is the case where it is based on this example. The case 2 of Fig. 4 (Table 2) is the case where the wavelength conversion crystal (KN) 22 is inserted into a resonator 7 so that the polarization direction of a second harmonic (473nm) may become in the direction perpendicular to 33. Fig. 5 shows the angular dependence by the wavelength conversion crystal (KN) 22 of a second harmonic. In this example, a second-harmonic (473nm) output is efficiently outputted so that clearly from this result. Therefore, the semiconductor laser excitation solid-state racer equipment to which efficient wavelength conversion is performed by this composition is realizable.

[0011]

[Effect of the Invention]

The wavelength conversion crystal started so that LD excitation solid-state-laser equipment of this invention might be constituted as mentioned above and it might become the 1st sort phase matching Since it is arranged so that it may be prepared in the resonator formed by the end face and output mirror of a solid-state-laser crystal (laser medium) and the polarization direction of semiconductor laser and the polarization direction of the fundamental wave of a wavelength conversion crystal may be in agreement Semiconductor laser excitation light excites a solid-state-laser crystal, and since induction of the wavelength conversion crystal is carried out in the same polarization direction which depends on a fundamental wave, a second harmonic occurs efficiently and can obtain LD excitation solid-state-laser equipment with which the excitation efficiency of equipment and the conversion efficiency have been improved.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] It is drawing showing one example of LD excitation solid-state-laser equipment of this invention.

[Fig. 2] It is drawing showing the crystal arrangement and the polarization direction of LD

excitation solid-state-laser equipment of this invention.

[Fig. 3] It is the table showing the output measurement result of LD excitation solid-state-laser equipment of this invention.

[Fig. 4] It is the table showing other output measurement results of LD excitation solid-state-laser equipment of this invention.

[Fig. 5] It is the graph which shows the angular dependence of the wavelength conversion crystal of the second harmonic of LD excitation solid-state-laser equipment of this invention.

[Fig. 6] It is drawing showing conventional LD excitation solid-state-laser equipment.

[Description of Notations]

1 --- LD	2 --- Condenser lens system
3 --- Solid-state-laser crystal	4 --- Output mirror
5 --- Wavelength conversion crystal	7 --- Resonator
11 --- Excitation light	12 --- Fundamental wave
13 --- Second harmonic	21 --- Solid-state-laser crystal
22 --- Wavelength conversion crystal	23 --- Coating
24 --- Polarizing plate	31 --- The direction polarization of a
32 --- The direction polarization of a	33 --- The direction polarization of c
34 --- The direction polarization of a	35 --- The direction of an extraordinary ray
36 --- The direction of an ordinary ray	41 --- LD
42 --- Condenser lens system	43 --- Solid-state-laser crystal
44 --- Output mirror	45 --- Wavelength conversion crystal
51 --- Excitation light	52 --- Fundamental wave
53 --- Second harmonic	R --- Resonator

Fig. 1

(P2000-349377A)

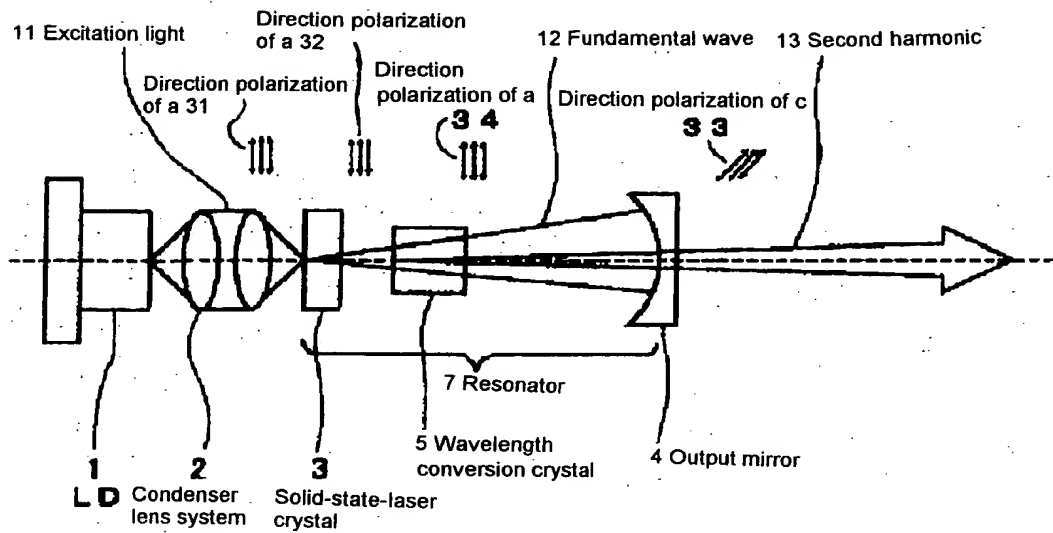


Fig. 2

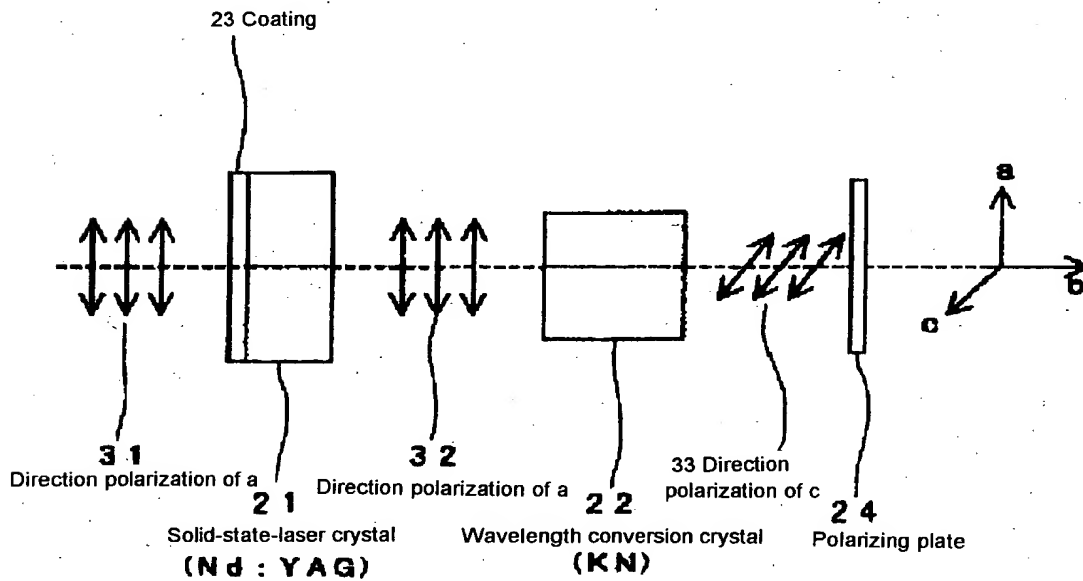


Fig. 3

Table 1

	Fundamental wave (before inserting KN)	Fundamental wave (after inserting KN)	Second harmonic (473nm)
Output (direction a+c)	2.76 mW	1.52 mW	22.8 mW
Output (direction c)	0.76 mW	0.02 mW	20.9 mW
Output (direction a)	1.55 mW	1.28 mW	0.09 mW

Output measurement results of case 1

Fig. 4

Table 2

	Fundamental wave (before inserting KN)	Fundamental wave (after inserting KN)	Second harmonic (473nm)
Output (direction a+c)	2.76 mW	1.33 mW	19.0 mW
Output (direction c)	0.76 mW	1.10 mW	0.12 mW
Output (direction a)	1.55 mW	0.01 mW	17.0 mW

Output measurement results of case 2

Fig. 5

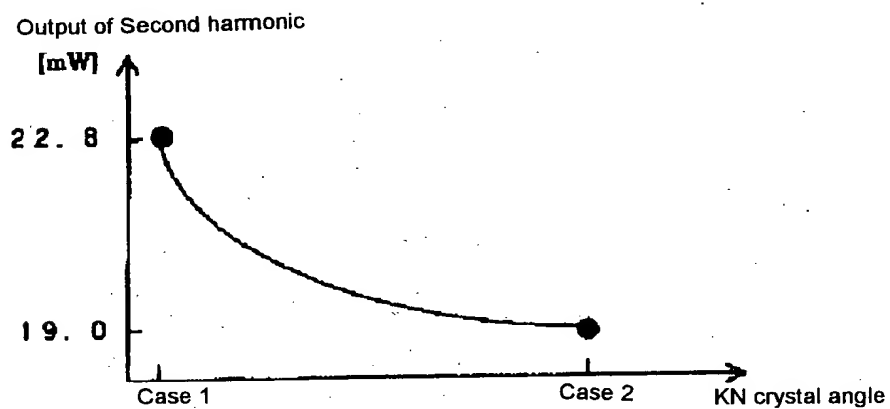


Fig. 6

